

補助事業番号 2017M-162

補助事業名 平成29年度 筋細胞を駆動源とするマッスルバイク創成のための要素技術
開発 補助事業

補助事業者名 信州大学繊維学部機械・ロボット学科 准教授 秋山佳丈

1 研究の概要

筋肉細胞の微小な直線的な収縮運動を回転運動へと変換する機構の開発を行い、その実証を行う。筋肉細胞には、収縮能はあるが伸展能はないため、2つの筋肉細胞が拮抗するように配置する必要がある。また、筋肉細胞のサイズが小さいため、その変位も微小である。さらにスケール効果により、慣性力の影響が小さくなると共に従来は考慮する必要が無かった摩擦や表面張力などが支配的になってくる。以上の点を踏まえ、微小な収縮運動より回転運動を取り出すことが出来る機構を設計、試作する。また、これにより移動するマッスルバイクの創成を目指す。

2 研究の目的と背景

従来のモータの代わりに筋肉細胞を駆動源とすることで、化石燃料や電気エネルギーなどに依存せず、糖などの化学エネルギーのみで駆動するクリーンなバイオハイブリッドデバイスの創成を目指す。申請者のものも含め、これまでにいくつか筋肉で駆動するマイクロデバイスは報告されているが、それらは筋肉細胞の収縮運動をそのまま利用し、開閉したり伸び縮みしたりするといった単純なものに限られていた。そこで本研究では、筋肉細胞の収縮運動を回転へと変換する機構を開発することで、より幅広いデバイスへと応用できることを示す。変換機構の開発にあたっては、筋細胞には収縮能はあるが伸展はない。サイズが微小であるため、収縮における変異も微小である。さらにスケール効果により摩擦や表面張力が支配的になると。といった点を考慮し、筋細胞の収縮に適した変換機構の開発を行う。

3 研究内容

筋細胞を駆動源とするマッスルバイク創成のための要素技術開発

(http://biohybrid.chips.jp/?page_id=519)

まず、ラット骨格筋細胞より筋細胞ゲルを作製する技術を確立し、その収縮力を測定した。そして、この筋細胞ゲルの収縮運動を回転へと変換する機構について検討を行った。まず、ギアを利用した機構は、摩擦力の影響が大きいため不適であることが分かった。そこで、逆に摩擦力を利用した回転変換機構を検討し、微小な変位でも変換可能な機構を設計、試作した。この回転変換機構は、外枠に取り付けた4本の筋細胞ゲルを順に収縮させることで、出力軸に摩擦力により回転力を与えるものである。また、筋組織の収縮により液中を遊泳する形で移動するデバイスの開発にも成功した。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究により、筋組織が単なる直線的な収縮運動のみならず、モータ同様に回転運動を生み出せる可能性が示された。生体筋組織は、従来の人工駆動源と異なり、グルコースの化学エネルギーのみで駆動するという特徴を持つ。また、環境負荷が小さく、生体組織であるため細胞増殖により自己修復できるといった従来のアクチュエータにはない利点を持つ。今後もこのバイオアクチュエータに関する研究を続けていくことで、筋組織を汎用的な駆動源として活用する技術を確立し、化石燃料や電気エネルギーに依存せずに駆動可能な機械システムを実現したい。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者は、博士の学位論文より筋組織のバイオアクチュエータとしての活用に関する研究を継続している。これまでは、特に、昆虫の筋組織を用いたマイクロロボットの実証に重点をおいてきた。一方、今回の研究は、哺乳類であるラット筋細胞から筋組織を再構築する実験系を確立し、その汎用性を示唆するために回転運動に着目した。一般の機械システムの多くは、モータを駆動源としており、将来的にここを筋組織とすることが出来れば、バイオアクチュエータの実用化に大きく貢献できると考えている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

著書(査読付)

Y. Akiyama, S-J. Park, S. Takayama (2019) “Design considerations for muscle-actuated biohybrid devices,” (Ed) X. Jiang, Nanotechnology and Microfluidics, Wiley. 印刷中.

査読付論文

Y. Yalikhun, K. Uesugi, M. Hiroki, Y. Shen, Y. Tanaka, Y. Akiyama, K. Morishima (2019) “Insect Muscular Tissue-Powered Swimming Robot” *Actuators*, **8**(2), 30.

学会発表

遠藤 佑真, 秋山 佳丈, “骨格筋細胞ゲルアクチュエータのための直線-回転運動変換機構の検討” 日本機械学会, 2018年度年次大会, :J1510304 2018(Sep. 12)

中野 翔太, 瀧澤 秀世, 秋山 佳丈, “骨格筋細胞ゲルアクチュエータの量産に向けた電気刺激培養システムの構築” 日本生物工学会, 第70回日本生物工学会大会, :173 2018(Sep. 06)

遠藤 佑真, 瀧澤 秀世, 秋山 佳丈, “骨格筋細胞ゲルのモデル化に向けた基礎的検討” 計測自動制御学会, 第18回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, :1A2-06 2017(Dec. 20)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当無し

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 信州大学 繊維学部(シンシュウダイガク センイガクブ)

住 所： 〒386-8567

長野県上田市常田3-15-1

担 当 者： 准教授 秋山佳丈(アキヤマヨシタケ)

担 当 部 署： 秋山研究室(アキヤマケンキュウシツ)

E - m a i l: aki@shinshu-u.ac.jp

U R L: <http://biohybrid.chips.jp/>